

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 03019332  
PUBLICATION DATE : 28-01-91

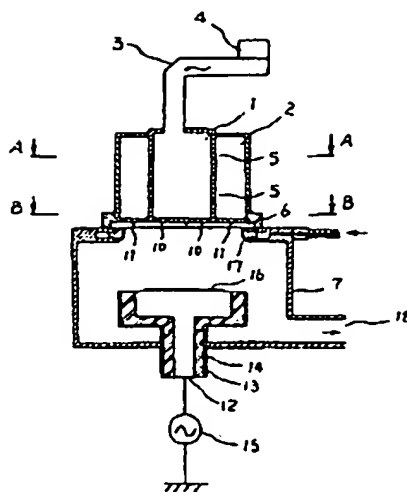
APPLICATION DATE : 16-06-89  
APPLICATION NUMBER : 01152323

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : TOKUDA MITSUO;

INT.CL. : H01L 21/302 C23C 14/34 C23C 16/50  
C23F 4/00 H01L 21/205 H01L 21/31  
H05H 1/46

TITLE : MICROWAVE PLASMA TREATMENT  
DEVICE



**ABSTRACT :** PURPOSE: To enable plasma in large diameter to be produced stably by a method wherein the radiation impedances in the microwave propagation channels from the position of a waveguide connecting to the first cavity resonator to the respective positions of multiple microwave radiating slots to the plasma processing chamber of the first and second cavity resonators are equalized.

CONSTITUTION: More microwave power is propagated from the first cavity resonator 1 to the second cavity resonator 2 than to a processing chamber 7. The radiation impedance can be controlled by changing the opening areas of slots 5, 10 and opening pitch diameter of the slot 10. Accordingly, the opening areas and opening pitch diameter are set up so that the microwave radiation impedances in the propagation channel through which the microwaves led in the first cavity resonator 1 are directly radiated in the processing chamber 7 as well as the other propagation channel through which the said microwaves are radiated through the second cavity resonator 2 may be equalized. Through these procedures, the density distributions of the microwave power radiated from the slots 10, 11 to the processing chamber 7 can be equalized.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁(JP) ⑪ 特許出願公開  
⑫ 公開特許公報(A) 平3-19332

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup> 識別記号 庁内整理番号 ⑭ 公開 平成3年(1991)1月28日  
H 01 L 21/302 B 8223-5F  
C 23 C 14/34 8520-4K  
16/50 8722-4K  
C 23 F 4/00 D 7179-4K  
H 01 L 21/205 7739-5F  
21/31 6940-5F  
H 05 H 1/46 C 9014-2G

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 マイクロ波プラズマ処理装置

⑯ 特 願 平1-152323

⑰ 出 願 平1(1989)6月16日

⑱ 発 明 者 大 原 和 博 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内  
⑲ 発 明 者 大 坪 徹 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内  
⑳ 発 明 者 池 田 光 雄 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内  
㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

マイクロ波プラズマ処理装置

2. 特許請求の範囲

1. プラズマ処理室へのマイクロ波によるプラズマ発生手段と処理ガス供給手段と処理ガス排気手段とから成るプラズマ処理装置において、プラズマ発生手段がマイクロ波発生器からの導波管と接続する第1の空洞共振器と第1の空洞共振器に電磁氣的に結合する第2の空洞共振器とを備え、第1と第2の空洞共振器との間でマイクロ波電力を分配してプラズマ処理室へ導入しかつ第1と第2の空洞共振器がともに低次の共振モードで動作するように構成したことを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

2. 第1と第2の空洞共振器を電磁氣的に結合する複数のスロットの結合度に関して第1の空洞共振器に接続する導波管位置からプラズマ処理室への複数のマイクロ波放射スロットの各位置までのマイクロ波伝播経路の放射インピーダンス

スが等しくなるように構成したことを特徴とする請求項1記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

3. 発明の詳述な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は半導体デバイス製造における半導体基板のドライエッチングやプラズマCVDおよびスパッタ成膜などの処理を行うプラズマ処理装置に係り、特に安定かつ均一な大口径のプラズマ形成に好適なプラズマ発生手段を有するマイクロ波プラズマ処理装置に関する。

〔従来の技術〕

従来の半導体デバイスのプラズマ処理装置は、例えばドライエッチング処理を行うには真空雰囲気の中で処理室に処理ガスを導入してプラズマを形成し、処理ガスの電離や解離過程によって化学的に反応性の高いイオンやラジカル(中性活性種)を生成して、これらの活性粒子が物理的あるいは化学的に作用して半導体基板上の被処理膜の所望部分をエッチング除去してデバイスパターンを形成するものである。この装置で、マスクパターンに

忠実ないわゆるサイドエッチングの少ないエッチング処理を実現するためには、ガス分子との衝突によるイオンの直進性の散乱を小さく抑えて、ラジカルの平均自由行程を大きくとる必要がある。また処理速度の向上を図るためにはイオンやラジカルの濃度を高める必要があり、それには低い処理ガス圧力で高密度のプラズマを形成する必要がある。この目的を達成する方法の一つとしてマイクロ波を用いたプラズマ発生方式がある。

従来のマイクロ波によりプラズマを発生する方式は、処理ガスが低圧に保たれた処理室にマイクロ波を導入しても、マイクロ波の電界強度が十分でないためプラズマ中の電子に十分なエネルギーが供給されず、また低圧であるため電子のガス分子との衝突回数が少ないので効率よくプラズマを発生させることが困難である。そのためマイクロ波を用いたプラズマ発生方式では低いガス圧力で高密度プラズマを得るために、例えば特開昭63-103008号公報に記載のように周波数が2.45GHzのマイクロ波を処理室に導入する直前に

には、処理室に接続する空洞共振器の寸法を大型化する必要がある。しかし空洞共振器寸法を単に大型化するだけでは空洞共振器内でのマイクロ波共振に高次モードが現われ易くなって、共振モードが不安定となるという現象が生じる。また空洞共振器内面をマイクロ波の電磁界変動に応じて流れる表面電流密度に線密分布があるため、複数のスロットを均等に配置しても処理室に放射されるマイクロ波電力が均一でなく、空洞共振器寸法が大型化するとともにその影響が現われ易くなる。これらの現象のため大口径プラズマを安定かつ均一に得られないという問題があった。

本発明の目的は大口径のプラズマを安定に形成できる空洞共振方式のマイクロ波プラズマ処理装置を提供することにある。また本発明の他の目的は大口径のプラズマを均一に形成できる空洞共振方式のマイクロ波プラズマ処理装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記の目的を達成するため、本発明によるマ

空洞共振器によりその電磁界強度を高め、これを空洞共振器の処理室側の端面に設けたスリットにより処理室に導入して、安定な高密度プラズマを形成するようにしたマイクロ波プラズマ処理装置がある。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来技術は大口径のプラズマを安定かつ均一に形成するという点について配慮がされておらず、半導体基板の大口径化に伴わないプラズマ処理装置に要求される課題の一つが大口径プラズマをいかに均一に形成するかであり、その要求が半導体デバイスの微細化の進むにつれて一段と厳しいものとなっている。例えばドライエッチングにおいて処理の均一性が悪いと、処理速度の高い領域での被処理膜の膜厚方向のエッチング終了後のサイドエッチング進行による加工精度の低下や、薄膜化の傾向にある下地酸化膜腐れ、また処理速度の低い領域でのエッチング残りの発生などがデバイスの歩留りに悪影響を及ぼす。

上記従来技術により大口径プラズマを得るため

マイクロ波プラズマ処理装置はマイクロ波発生器と接続する導波管とプラズマ処理室との間に、該導波管と接続する第1の空洞共振器と、該第1の空洞共振器と電磁氣的に結合する第2の空洞共振器とを設置し、第1の空洞共振器と第2の空洞共振器との間でマイクロ波電力の分配機能を持たせるとともに、第1と第2の空洞共振器をそれぞれ低次の共振モードの小型の共振器で構成するようにしたものである。

また上記の他の目的を達成するため、本発明によるマイクロ波プラズマ処理装置は上記の構成において、第1の空洞共振器と第2の空洞共振器とを電磁氣的に結合する複数のスロットの結合度に関して、第1の空洞共振器と接続する導波管位置から第1と第2の空洞共振器のプラズマ処理室への複数のマイクロ波放射スロットの各位置までのマイクロ波伝播経路の放射インピーダンスが等しくなるように構成したものである。

〔作用〕

上記のマイクロ波プラズマ処理装置は、マイク

ロ波の導波管よりまず第1の空洞共振器に導入されたマイクロ波がある特定の低次の共振モードになるように設計された第1の空洞共振器内で定在波を生じてマイクロ波の電磁界が強められるとともに、第1の空洞共振器と電磁氣的に結合する第2の空洞共振器にもマイクロ波が伝播して第2の空洞共振器内でもある特定の低次の共振モードの定在波を生じてマイクロ波の電磁界が強められ、ここで第1と第2の空洞共振器がともに低次の共振モードで小型に設計されているため高次の共振モードの存在がなく安定していて、これらのマイクロ波電力が第1と第2の空洞共振器を電磁氣的に結合するスロットの開口面積に応じて第1と第2の空洞共振器に分配され、そして第1と第2の空洞共振器をともにプラズマ処理室と結合して複数の空洞共振器から処理室側へ開口するスロットを通してマイクロ波を導入することにより、単一の空洞共振器の寸法を大型化することなしに小型の寸法の複数の空洞共振器のまま広い領域から処理室へマイクロ波を導入できるので、それぞれの

共振モードが安定していて処理室内に大口径のプラズマを安定に形成することができる。

また上記構成において、第1の空洞共振器に接続する導波管位置からプラズマ処理室に開口する複数のマイクロ波放射スロットの各位置までのマイクロ波伝播経路の放射インピーダンスが等しくなるように構成したマイクロ波プラズマ処理装置は、かかる構成により第1の空洞共振器から処理室へ放射されるのと第1の空洞共振器から第2の空洞共振器を経て処理室へ放射されるのと分岐伝播するマイクロ波電力が均等に分配されるので、処理室内に大口径のプラズマを均一に形成することができる。

〔実施例〕

以下に本発明の実施例を図1図から図7図により説明する。

第1図は本発明によるマイクロ波プラズマ処理装置の第1の実施例を示す縦断面図である。第2図および第3図はそれぞれ第1図の空洞共振器のA-A断面図およびB-B断面図である。第1図にお

いて第1の空洞共振器1と、第2の空洞共振器2とがあり、第1の空洞共振器1には導波管3を介して2450GHzのマイクロ波発生部であるマグネトロン4が取り付けられる。第1の空洞共振器1と第2の空洞共振器2とはスロット5を介して電磁氣的に結合される。また第1の空洞共振器1と第2の共振器2とは共に石英またはアルミナなどの誘電体からなるマイクロ波透過窓6を介して処理室7に接続され、大気圧下の第1の空洞共振器1および第2の空洞共振器2と真空雰囲気下の処理室7とがマイクロ波透過窓6を隔てて分離される。

ここで第2図に示すように第1の空洞共振器1はTM<sub>010</sub>モードの内筒空洞共振器、第2の空洞共振器2はTEMモードの同軸空洞共振器であり、スロット5で結合されるマイクロ波の電界および磁界の方向がそれぞれ矢印で示す電界8および磁界9のようになる。第1図の第1の空洞共振器1および第2の空洞共振器2の処理室7の側のマイクロ波透過窓6に接する端面

にはマイクロ波放射用のスロット10、11が設けられる。ここで第3図に示すように第1の空洞共振器1および第2の空洞共振器2のマイクロ波放射用のスロット10、11の形状は第2図の第1、第2の空洞共振器10、11の電界8の方向を横切る形で配置される。

第1図の処理室7の内部には下部電極12が絶縁体13によりアース電位に対して電氣的に絶縁されて設置され、絶縁体13はアース電位の金属性カバー14で覆われている。この下部電極12には高周波電源15が接続され、プラズマ処理される半導体基板16は下部電極12上に設置される。また処理室7には図示しないガス供給装置が接続されており、ガス供給ノズル17より処理ガスが供給され、供給された処理ガスは反応したのち排気口18から図示しない排気装置により排気される。このさい処理室7の圧力は図示しない圧力調整装置により所定の圧力に制御される。

上記の構成により、半導体基板16をドライエッチング処理する場合の動作を説明する。まず処

処理室7に処理ガスとしてAと合金膜のドライエッチング処理の場合には例えばC<sub>2</sub>F<sub>4</sub>とBCl<sub>3</sub>などをガス供給ノズル17より供給し、処理室7内を所定の圧力 $10^{-6} \sim 10^{-3}$  Paに制御する。続いてマイクロ波発生装置3より2450 MHzのマイクロ波を発生させ、導波管3を経て第1の空洞共振器1に導入する。この第1の空洞共振器1に導入されたマイクロ波は図2図のようなT<sub>M01</sub>モードで共振し、その電磁界は図3に示される。このときマイクロ波電力の一部はスロット5を経て第2の空洞共振器2に伝播し、図2図のようなT<sub>BM</sub>モードで共振する。この第1の空洞共振器1および第2の空洞共振器2において電磁界の強められたマイクロ波はそれぞれの空洞共振器1、2内で図2図に示す電界8および図9の方向に変動する電磁界を形成する。そしてマイクロ波透過窓6に接し、スロット10、11を有して空洞共振器1、2を構成する金属板面上には図2図に示す電界8の方向の表面電流が流れる。すると図3図に示すスロット10、11がこの表面電流を横切る形で

配置されているので、スロット10、11の両端には表面電流により電荷がたまり、スロット10、11部にこの電荷による電界が発生する。この電界はマイクロ波の周波数により変化するもので、この電界変化によりスロット10、11からマイクロ波が処理室7に放射され、これにより処理室7内にプラズマが形成される。

ここで第1の空洞共振器1で共振するマイクロ波電力は処理室7と第2の空洞共振器2に伝播するが、処理室7に開口するスロット10からの放射インピーダンスは第2の空洞共振器2に開口するスロット5からの放射インピーダンスに比べて大きくなっており、第1の空洞共振器1から伝播するマイクロ波電力は処理室7よりも第2の空洞共振器2に伝播する量が多い。この放射インピーダンスの制御は本実施例ではスロット5、10の開口面積とスロット10の場合には開口ピッチを変えらることによってできる。そして第1の空洞共振器1に導入されたマイクロ波が直接に処理室7内に放射される伝播経路と第2の空洞共振器

2を経て処理室7内に放射される伝播経路のマイクロ波放射インピーダンスが等しくなるようにスロット5、10、11の開口面積および開口ピッチが設定されている。そのためスロット10、11から処理室7内に放射されるマイクロ波電力の密度分布は均一になっている。

これにより大口徑のプラズマを得るために空洞共振器の寸法を大型化する必要がなく、低次の共振モードの複数の空洞共振器1、2を利用することで空洞共振器1、2内での共振モードも安定しており、しかも広い領域にわたって均一にマイクロ波を処理室7に放射することができる。また導波管3の第1の空洞共振器1への取付け位置は結合度を上げるために電磁界の整合をとって偏心する場合があるが、本実施例では空洞共振器1、2を大型化する必要がないので処理室7に対する偏心量も小さく、プラズマの偏りに対する導波管3の位置の影響を小さく抑えることができる。したがって処理室7内に大口徑のプラズマを安定にしかも均一に形成することができる。

また処理室7において半導体基板14のエッチング処理中には下部電極12に高周波電源15より13.56 MHzの高周波電力が印加され、この印加電力の制御によりプラズマから半導体基板14に入射するイオンのエネルギーを制御することができる。これにより半導体基板14の下地酸化膜とのエッチングの選択比を確保しつつ、サイドエッチングのない異方性エッチングを達成できる条件にイオンのエネルギーを制御できる。

本実施例によれば、上記のように大口徑のプラズマを安定かつ均一に形成することができ、またイオンのエネルギーも任意に制御できるので、大口徑の半導体基板でも微細なパターンを精度よくエッチング処理することができる。

第4図は本発明によるマイクロ波プラズマ処理装置の第2の実施例を示す縦断面図である。図5図および図6図はそれぞれ第4図の空洞共振器のCC断面図およびDD断面図である。第4図において、第1図と同一符号は相当部分を示し、第1図の第1の実施例における第1の空洞共振器1に

スロット5により結合する第2の空胴共振器2を本実施例では複数個だけ設置して、この複数個の第2の空胴共振器2をいずれも処理室7にスロット11を開閉して結合するように構成している。処理室7はマイクロ波透過窓6により分離され、第1図と同様の構成である。

第4図の導波管3を介してマグネトロン4が取り付けられる第1の空胴共振器1は第5図に示すようにT Bモードの矩形空胴共振器であり、この空胴共振器1内での電界および磁界の方向はそれぞれ実線矢印で示す電界8および破線矢印で示す磁界9のようになる。複数個の第2の空胴共振器2は第5図に示すようにそれぞれ第1の空胴共振器1と電界8を垂直に横切る形のスロット5を介して結合しており、第1の空胴共振器1から4個の第2の空胴共振器2に分配される。この分配されたマイクロ波電力は第2の空胴共振器2内で矩形空胴共振器のT Bモードで共振し、さらに第6図に示すような形に配置されたスロット11を介してそれぞれ処理室7内に放射される。これによ

り処理室7内で第1図と同様に半導体基板16のプラズマ処理が行なわれる。

本実施例によれば、第1図の第1の実施例と同様の動作により、同等の効果を達成することができる。

第7図は本発明によるマイクロ波プラズマ処理装置の第3の実施例を示す縦断面図である。

第7図において、第1図と同一符号は相当部分を示し、第1図の第1の実施例における第1の空胴共振器1および第2の空胴共振器2を共に本実施例では同軸円筒空胴共振器で構成し、第1の空胴共振器1からスロット5により第2の空胴共振器2に結合し、第2の空胴共振器2のスロット11を介して、処理室7の側面よりマイクロ波をマイクロ波透過窓6により分離された処理室7に導入するように構成する。処理室7はガス供給ノズル17が下部電極12に対向する位置に設置されるが、その他は第1図と同様の構成である。

上記の構成により、本実施例では導波管3を介してマグネトロン4を取り付けた第1の空胴共振器1内で共振したマイクロ波は円周上に設け

複数個のスロット5を介して第2の空胴共振器2に伝播する。そのため導波管3の取付け位置によって第2の空胴共振器2からスロット11を介して処理室7に放射されるマイクロ波電力の偏りを緩和することができ、この偏りをさらに補正するには複数個のスロット5の開閉面積に分布を与えることによって実施できる。

本実施例によれば、処理室7の側面に複数個のスロット11が設置されており、第1図の第1の実施例と同様の効果を得ることができ、さらに本実施例の場合にはガス供給ノズル17を下部電極12に対向する位置に設置できるので、ガス流れの均一化の面からも半導体基板16のエッチング処理などの均一化を図ることができる。

上記の実施例における第1、第2の空胴共振器の構造は各実施例で示した例々の共振モードのものに限定されるものではなく、安定した低次の共振モードの空胴共振器であって電磁的に結合がとれるものであれば、T BモードやT BモードやTMモードに関係なく構成でき、また空胴

共振器の形状も円筒や矩形や同軸円筒などのいずれの構成であってもよい。

また上記の実施例においてはドライエッチング処理の場合を説明したが、単にドライエッチング処理にのみ適用されるものではなく、半導体基板のプラズマCVDによる成膜技術やプラズマ酸化などのプラズマを用いた処理にも同様に適用可能なことは明らかである。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば、低次の共振モードの複数個の空胴共振器からマイクロ波を処理室内の広い領域に放射するように構成しているので、空胴共振器内での高次の共振モードの発生がなくて安定にマイクロ波を処理室の広い領域に放射することができ、また空胴共振器と接続するマイクロ波導波管の位置から複数個の空胴共振器を介して処理室への複数個のマイクロ波放射スロットの各位置までのマイクロ波伝播経路の放射インピーダンスが等しくなるように構成しているので、処理室の広い領域に均一にマイクロ波を放射することができ

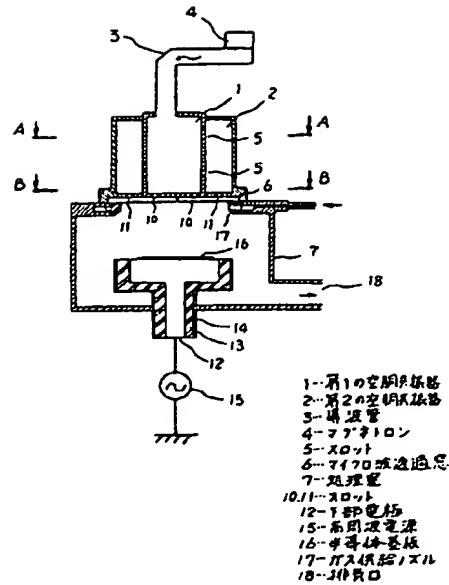
る。したがって処理室内に大口径のプラズマを安定かつ均一に形成することができ、半導体基板をプラズマ処理する場合に半導体デバイス製造の歩留り向上および生産性向上に効果がある。

#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明によるマイクロ波プラズマ処理装置の第1の実施例を示す縦断面図、第2図は第1図のA-A断面図、第3図は第1図のB-B断面図、第4図は本発明によるマイクロ波プラズマ処理装置の第2の実施例を示す縦断面図、第5図は第4図のC-C断面図、第6図は第4図のD-D断面図、第7図は本発明によるマイクロ波プラズマ処理装置の第3の実施例を示す縦断面図である。

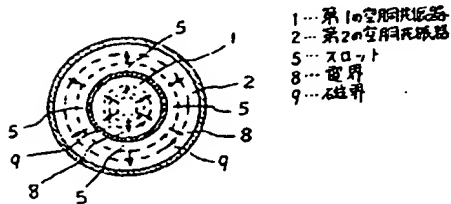
1…第1の空洞共振器、2…第2の空洞共振器、3…導波管、5…スロット、4…マイクロ波透過窓、7…処理室、10、11…スロット、12…下部電極、15…高周波電源、16…半導体基板、17…ガス供給ノズル、18…排気口。

第1図

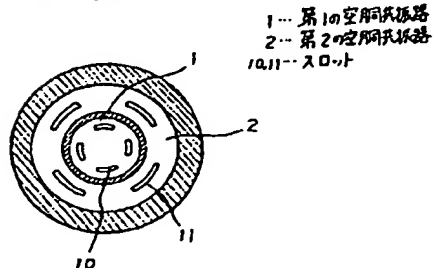


代理人 弁理士 小川勝男

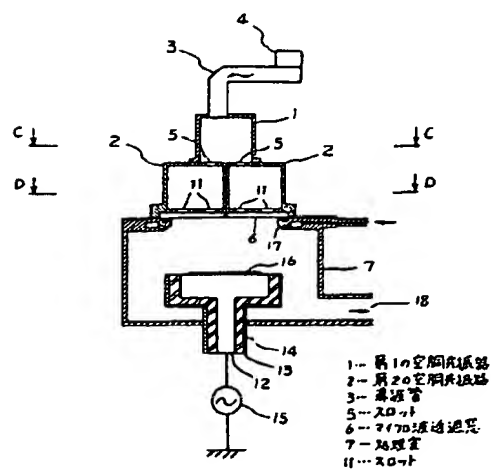
第2図



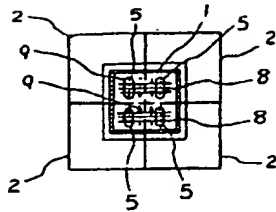
第3図



第4図

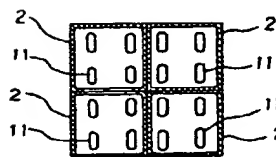


第 5 図



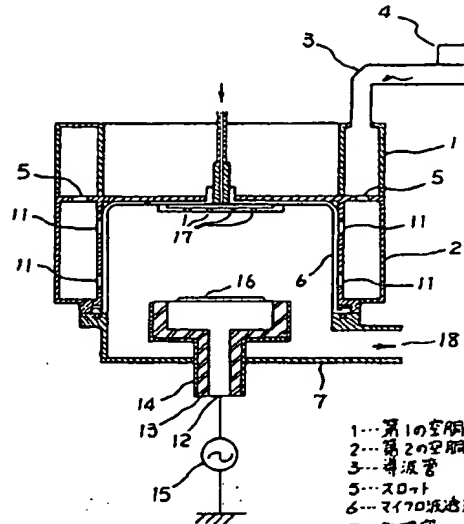
- 1... 第1の空間共振器
- 2... 第2の空間共振器
- 5... スロット
- 8... 電界
- 9... 磁界

第 6 図



- 2... 第2の空間共振器
- 11... スロット

第 7 図



- 1... 第1の空間共振器
- 2... 第2の空間共振器
- 3... 導波管
- 5... スロット
- 6... マイクロ波透過窓
- 7... 処理室
- 11... スロット
- 17... ガス供給ノズル